

<기술논문>

DOI:10.3795/KSME-A.2009.33.5.521

# Hydraulic Clutch System의 Mission Profile 및 내구시험모수 결정에 관한 연구

이상천\* · 허만대\*\* · 이춘곤\*\* · 김재영\*\* · 강지우\*\*  
이홍범\*\* · 소윤섭\*\* · 이종형† · 민병길\*\*\* · 이재열\*\*\*

(2008년 6월 2일 접수, 2009년 2월 25일 수정, 2009년 3월 26일 심사완료)

## A Study on Mission Profile and Determination of Durability Test Parameters in the Hydraulic Clutch System

Sangcheon Lee, Mandae Hur, Chungon Lee, Jaeyoung Kim, Jiwoo Kang, Hongbum Lee, Yoonsub So, Jonghyung Lee, Byunggil Min and Jaeyul Lee

**Key Words:** Mission Profile Variable(운행 조건 변수), Hydraulic Clutch System(유압식 클러치 시스템), Clutch Master Cylinder(클러치 마스터 실린더), Durability Test Parameter(내구 시험모수)

### Abstract

One of reliability measurements of vehicle is estimated by driving mileage but the reliability of component, such as an hydraulic clutch system, is defined from the number of successful operational cycle. Relationship between these reliability measurement variables(mileage and cycle) should be examined first of all in the reliability estimation of components. Relationship between mileage and cycles is commonly known as linear function. However, the gradient depends on the operational environmental condition. Therefore, estimation of mission profile variable should be done with correlation analysis at the same time. In this paper, we derive mission profile variable of an hydraulic clutch system by field vehicle test and suggest the determination process of durability test parameters of CMC(Clutch Master Cylinder) with mission profile variable.

### 1. 서 론

최근 전 세계적으로 환경오염에 대한 관심도가 높아지고, 규제 또한 점점 강화되어가고 있다. 이 환경규제는 자동차 경량화와 연계되어있고, 이는 자동차 업계의 생존필수 조건이 되었다.

이러한 자동차 경량화를 위해 자동차 설계의 최적화 및 엔진의 고 효율화, 각종 자동차 부품의 경량화 등의 다각적인 노력이 이루어지고 있

다. 자동차 부품들의 경량화와 더불어 신뢰성이 중요하게 부각되고 있다.

일반적으로 자동차 회사(고객)의 신뢰성 측정항목은 주로 운행거리로 평가되며 신뢰성 요구사항은 운행거리의 관점에서 정의되고 수명 변수는 운행거리이며 클러치 시스템의 내구수명시험의 측정 항목은 변속회수(cycle)이다. 따라서 실제 클러치 시스템의 신뢰성 평가에 있어서는 이들 수명 변수간의 관계를 규명하는 작업이 선행되어야 한다.<sup>(1)</sup> 운행거리와 변속회수와의 관계는 일반적으로 선형관계로 알려져 있다. 운행거리와 변속회수의 기울기는 mission profile 변수로 정의되며 이는 자동차의 운행 환경에 의해 달라진다.<sup>(2)</sup> 일반적으로서 mission profile 변수는 자동차 운행 환경변수에 따른 시험으로부터 결정된다.

† 책임저자, 회원, 금오공과대학교 기계공학부  
E-mail : leejh@kumoh.ac.kr

TEL : (054)478-7403 FAX : (054)478-7319

\* 경상대학교

\*\* R & D Center, Valeo Pyeong Hwa Co., Ltd.

\*\*\* 금오공과대학교

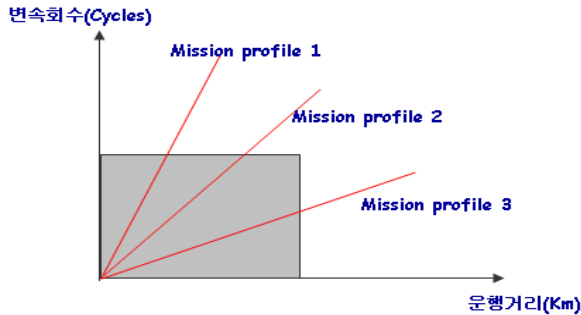


Fig. 1 Mileage vs. cycles of hydraulic clutch system

본 논문에서는 실차시험을 통해 자동차 운행 환경 변수 중 mission profile 변수에 영향을 주는 변수를 도출하고, 이들 변수의 관계로부터 클러치 시스템의 mission profile 변수를 추정한다. 또한 추정된 mission profile 변수를 사용하였다.

## 2. Mission profile 실험 설계

### 2.1 운행 환경 변수

일반적으로 자동차의 운행 환경 변수는 운전자의 사용조건 변화와 관련된 요구사항으로 사용자의 경험과 시장조사로 확인된다. 이는 아주 다양한 방법으로 표현될 수 있지만 일반적으로 다음의 영역을 포함한다.<sup>(3-5)</sup>

- 도로 조건 변수 : 도시/산악지대/일반도로/고속도로/ 최고 속도(Vmax)
- 운행 조건 변수 : 가족 운전자/ 장거리 운전자/ 도시운전자
- 부하 조건 변수 : 적재 중량/ 경사도
- 운전자의 운전 습관 : 기어변속/ 가속/ 감속
- 차량 운행 분위기 조건변수 : 온도/ 발청/오염/ 화학작용

### 2.2 직교배열을 이용한 실험설계

차량 운행 거리에 따른 페달 작동 회수를 평가하기 위해 분석 모형의 구축에 있어서 종속변수는 차량운행거리 당 페달 작동 회수로 정의하였다. 사용 환경 변수 중 mission profile 에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 도로조건, 부하 조건, 외부 온도 조건 등으로 알려져 있다. 이중 부하조건은 주로 상용차를 대상으로 하는 부하적재량과 관련된 변수이며, 외부 온도 조건은 여름, 겨울 등 계절적 영향을 반영하여 평가하는 변수이다. 본 연구에서는 승용차를 대상으로 하는 시험으로 주요

Table 1 Factors and Levels of test

Factor	Level		
	1	2	3
(A) Road condition	City	Highway	Mountain
(B) Driving Time	Morning (AM07:00-09:30)	Normal time (AM 10:00-PM 5:00)	Night (PM 9:00-PM 11:00)
(C) Driver	Beginner	Normal	Expert

Table 2 L9 design table

No.	Orthogonal array(L9)			Factor and level of test		
	A	B	C	Road Condition	Driving Time	Driver
1	1	1	1	City	Morning	Beginner
2	1	2	2	City	Normal time	Normal
3	1	3	3	City	Night	Expert
4	2	1	2	Highway	Morning	Normal
5	2	2	3	Highway	Normal time	Expert
6	2	3	1	Highway	Night	Beginner
7	3	1	3	Mountain	Morning	Expert
8	3	2	1	Mountain	Normal time	Beginner
9	3	3	2	Mountain	Night	Normal

사용 환경 변수로 도로조건을 선정하였으며 외부 온도조건을 평가하기 위해 운행시간 변수와 운전자 변수를 추가 하였다. Mission profile 실험에 사용된 실험 인자 및 수준을 정리하면 Table 1과 같다. 실험 설계(DOE)에 있어서 실험 횟수를 최소화하기 위하여 3인자3수준 직교배열표(L9 orthogonal array)를 사용하였다.<sup>(6)</sup> 직교배열표는 주로 인자 간 주 효과를 분석하기 위해 개발된 실험계획법으로 인자 간 교호작용의 분석을 무시하면 실험회수를 최소화 할 수 있다. 즉, 3인자 3수준에 필요한 요인배치법의 총 실험점은 3<sup>3</sup>으로 27개가 필요하나 L9 직교 배열표에서는 9번의 실험점만으로 주 효과 분석이 가능하다. L9 직교 배열표를 사용한 실험설계 각 실험점에서 실험설계는 Table 2 와 같다.

시험차량은 V사 시험 차량인 중형 세단으로 선정하여 진행하였으며, 각 실험 단위에서의 주행거리는 100cycle/km를 기준으로 실시하였다. 즉 km 당 페달 작동회수를 기준으로 각 실험단위에서의 데이터 수는 100개로 결정하여 충분한 반복 효과를 반영하였다. 도로조건은 대구 인근의 도로를 기준으로 선정하였다. 시내도로는 대구도심의 거리를 선택하였고, 고속도로는 대구 안동 간 중앙고속도로 구간을, 그리고 산악도로는 팔공산 인근 산악도로를 중심으로 한 지방도를 선정하였다.

### 3. 환경변수에 따른 Mission profile 분석

각 환경변수 인자에 따른 mission profile 분석 절차를 정리하면 Fig. 2와 같다. 먼저 시험 장비로부터 수집된 데이터로부터 Lab View 분석을 이용하여 km당 페달 작동 회수를 환산한다. 실제 시험 모듈에서의 데이터 수집은 10회/sec의 시간 단위로 이루어진다. 이 자료로부터 차량 속도를 환산한 다음 주행거리 당 페달 작동횟수를 계산한다. 이 정리된 데이터로부터 통계분석은 Minitab 및 Excel를 활용하였다.<sup>(7)</sup> 분석 내용은 각 실험점에서의 페달 작동회수 분석, 기어 변속 과정 분석 그리고 인자 별 페달 작동회수 차이분석을 주 내용으로 한다.

#### 3.1 각 실험점에서의 페달 작동 회수 분석

각 실험 점에서 km당 페달 작동회수와 운행 속도의 기술통계량은 Table 3과 같다.

실험설계에서 각 실험점에서 운행거리를 100 km로 설정하였으나 결과측정 자료를 제외한 최소 운행거리인 71km를 기준으로 정리한 균형 데이터를 분석대상으로 정의하였다. 페달 작동회수는 전체 운행구간에서 2.524cycle/km 수준으로 평가되었으며, 표준편차는 3.517cycle/km 수준으로 실험점 별로 산포가 큰 것으로 평가되었다. 이 결과는 mission profile 환경변수에 따라 페달 작동 회수가 달라진다는 사실을 간접적으로 나타낸다.

도로조건의 각 인자에서 기어변속 횟수를 살펴 보면, 시내도로(city)에서 5.746cycle/km 수준으로 기어변속 횟수가 가장 컸으며, 다음으로 산악도로(mountain), 고속도로(highway)순으로 평가되었다.

운행시간을 기준으로하면 일반시간(normal time), 아침시간(morning), 저녁시간(afternoon) 순으



Fig. 2 Analysis procedures of mission profile

로 나타났으나, 그 차이는 도로조건에 비해 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

페달 작동회수의 표준편차 또한 도로조건에서는 시내도로, 일반국도, 고속도로 순으로 나타났으며, 운행시간에서는 일반시간, 저녁시간, 아침시간 순으로 나타났는데 그 차이 또한 도로조건에 비해 작은 것으로 평가되었다. 이 사실로부터 도로조건이 운행시간에 비해 페달 작동회수에 더 큰 영향을 미치는 환경변수인 것으로 평가할 수 있다.

Table 3 Field test statistics

Road Condition (A)		Driving time(B)			Total	
		morning	normal time	evening		
City	Level of driver(C)		Beginner	Normal	Expert	
	Cycle of Pedal operation (cycle/km)	Mean	5.324	6.282	5.634	5.746
		Std.dev	3.714	4.054	4.29	4.027
		Max	21	20	24	24
		Min	0	0	0	0
		90Percentile	9	13	10	10
	95Percentile	12	14	11.5	13.4	
	driving speed (km/Hr)	Mean	31.09	32.08	44.06	35.81
		Std. dev.	14.84	16	17.7	17.18
	High-way	Driver(C)		Normal	Expert	Beginner
Cycle of Pedal operation (cycle/km)		Mean	0.1408	0.268	0.2394	0.216
		Std.dev	0.723	1.434	0.6429	0.9954
		Max	5	9	2	9
		Min	0	0	0	0
		90Percentile	0	0	2	0
95Percentile		0	0	2	2	
driving speed (km/Hr)		Mean	105.13	102.99	154.16	120.79
		Std. dev.	13.83	12.78	19.72	28.4
Mountain		Driver(C)		Expert	Beginner	Normal
	Cycle of Pedal operation (cycle/km)	Mean	2.085	1.437	1.31	1.61
		Std.dev	2.215	1.574	1.582	1.839
		Max	11	7	7	11
		Min	0	0	0	0
		90Percentile	4	4	3	4
	95Percentile	9	8.5	8.5	9	
	driving speed (km/Hr)	Mean	52.25	42.104	42.715	45.692
		Std. dev.	12.97	5.952	6.204	10.082
	Total	Cycle of Pedal operation (cycle/km)	Mean	2.516	2.662	2.394
Std.dev			3.308	3.706	3.536	3.517
Max			21	20	24	24
Min			0	0	0	0
90Percentile			7	8	7.8	7
95Percentile		8.4	10	9.4	9	
driving speed (km/Hr)		Mean	62.83	59.12	80.31	67.42
		Std. dev.	34.14	33.66	54.63	42.91

**Table 4** Correlation between engine condition variable & clutching cycle

Engine condition variable	Correlation coefficient (p-value)
Speed of driving	-0.592(0.0)
Engine RPM	-0.543(0.0)
Temperature TM housing	0.336(0.0)
Pipe temperature	0.560(0.0)
Outside temperature	0.331(0.0)
Engine temperature	0.559(0.0)
CSC temperature	0.485(0.0)
CMC temperature	0.548(0.0)

페달 작동회수의 90분위수, 95분위수는 실제 주행조건에 비해 가속 조건으로서 실제 rig시험의 설계 시 사용되는 값이다. 일반적으로 클러치 제조업체는 rig시험 규격으로 95분위수를 사용한다. 평균 조건과 rig시험에서 페달 작동회수의 비는  $9/2.524=3.57$  수준으로 평가 될 수 있다.

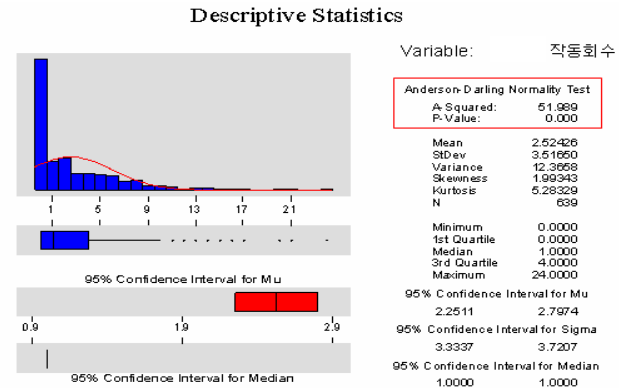
전체 실험점을 대상으로 페달 작동회수를 평가 하면 실험점 A1B2C2(시내거리, 일반시간, 보통운전자)가 6.282cycle/km로 가장 큰 값으로 나타났으며, 실험점 A2B1C1(고속도로, 아침시간, 초보운전자)은 0.14cycle/km 의 가장 작은 값을 나타내었다.

차량 운행 속도를 평가하면 시내도로가 35 km/hour의 값을 보여, 가장 저속으로 운행하였으며, 고속도로에서 120km/hour로 가장 큰 값을 나타내고 있다. 운행시간 별로는 일반시간대의 운행속도가 가장 낮았으며 저녁시간의 운행속도가 가장 빠른 것으로 나타났으나 차이 또한 도로조건에 비해 작은 것으로 평가되었다. 특히 아침시간과 일반시간의 차량 평균 속도는 큰 차이가 없는 것으로 나타나 실험 구간에서의 도로 혼잡도의 특정 시간대는 나타나지 않는 것으로 평가되었다.

주행 속도 변화를 평가하기 위해 주행속도의 변동계수(표준편차/평균)값을 비교하면 시내도로에서 변동계수의 값은  $17.18/35.81=0.479$  으로 가장 큰 값을 나타내고 있다. 이 결과는 속도변화가 클 때, 변속회수도 증가한다는 사실을 보여주고 있다.

시험장비로부터 측정된 자동차 주행상태측정 변수와 페달 작동회수와의 관계를 평가하기 위해 상관계수를 정리하면 아래 Table 4와 같다.

페달 작동회수는 주행속도 와 엔진 RPM 과는 음의 상관관계를 보여 주고 있으며, 트랜스미션

**Fig. 3** Descriptive statistics of mission profile

하우징(TM Housing) 온도 등 엔진 주변부 온도와는 양의 상관관계를 보여 주고 있다. 이들 상관계수는 p-value 가 0.000의 값으로 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

즉, 주로 고속주행 보다는 저속 주행 시 더 페달 작동회수가 증가하며, 엔진 주변부 온도가 높을수록 페달 작동회수가 많아진다는 사실을 나타낸다. 이결과는 자동화 운행 메카니즘과 관련하여 저속 주행일수록 엔진 주변부 온도가 높아지고, 또 저속주행의 경우 기어 변속 횟수가 증가한다는 사실로부터 유추할 수 있다.

### 3.2 운행환경 변수에 따른 Mission profile 차이 분석

본 절에서는 운행환경변수에 따른 mission profile의 차이를 통계적으로 분석한다. 이를 위해 직교 배열표의 주 효과 분석 및 실험 인자와 페달 작동회수의 분산 분석 (ANOVA: Analysis of Variance)을 실시하였다.

분산분석은 다차원 독립변수와 종속 변수와의 차이를 규명하기 위한 대표적 통계적 분석 방법으로 각 실험점에서의 평균값과 표준편차로부터 산출된 분산 분석 통계량을 사용하여 유의 수준 하에서 인자 간 차이유무를 검정하는 분석 기법이다.<sup>(8)</sup>

본 절에서는 3인자 분산 분석 기법을 적용한다. 통계적 분석은 Minitab package를 사용하여 실시하였다.<sup>(6)</sup>

먼저 페달 작동회수의 통계 분포특성을 살펴보기 위해 기술 통계량 분석을 실시한 결과는 다음 Fig. 3과 같다.

Fig. 3의 왼쪽은 히스토그램과 상자그림 등 페달 작동회수의 분포특성을 나타내며 오른쪽 값은



**Table 5** Analysis of variance

일반 선형 모형:  
클러치작동횟수 대 도로조건, 운행시간, 운전자조건

도로조건에 대한 MANOVA  
S = 1    m = 0.0    n = 315.0

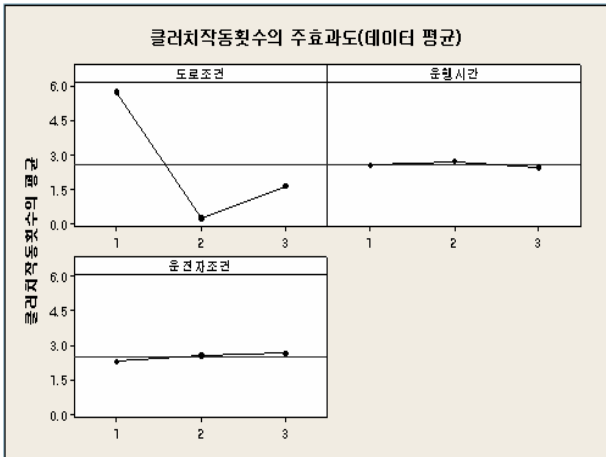
기준	검정 통계량	F	수	DF	P
Wilks 검정	0.55214	256.317	2	632	0.000
Lawley-Hotelling 검정	0.81113	256.317	2	632	0.000
Pillai 검정	0.44786	256.317	2	632	0.000
Roy 검정	0.81113				

운행시간에 대한 MANOVA  
S = 1    m = 0.0    n = 315.0

기준	검정 통계량	F	수	DF	P
Wilks 검정	0.99824	0.556	2	632	0.574
Lawley-Hotelling 검정	0.00176	0.556	2	632	0.574
Pillai 검정	0.00176	0.556	2	632	0.574
Roy 검정	0.00176				

운전자조건에 대한 MANOVA  
S = 1    m = 0.0    n = 315.0

기준	검정 통계량	F	수	DF	P
Wilks 검정	0.99715	0.902	2	632	0.406
Lawley-Hotelling 검정	0.00286	0.902	2	632	0.406
Pillai 검정	0.00286	0.902	2	632	0.406
Roy 검정	0.00286				



**Fig. 4** Main effect of mission profile

평균, 분산, 왜도(skewness), 첨도(kurtosis) 등 변수의 대표 값을 나타낸다.

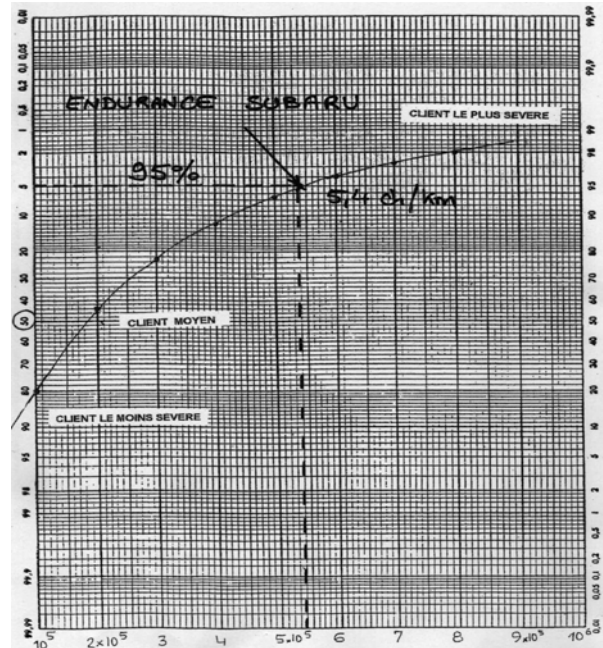
위 분석결과로부터 페달 작동 회수의 분포 특성을 살펴보면 Anderson-Darling 검정결과 정규분포를 따르지 않는 것으로 나타났다.(p-value=0.0) 이 결과로부터 분산분석은 비모수적 분석 방법인 일반 다변량 분산분석 방법을 사용하여 인자 간 차이 분석을 실시한다. 독립변수(운행조건, 운행시간, 운전자조건)에 대한 분산 분석결과는 Table 5와 같다.

분석 결과 Wilks 검정 통계량 등 비 모수 검정 통계량에서 도로조건은 페달 작동회수에 유의한영향을 미치는 것으로 나타났으며(p-value=0.000), 운행시간, 운전자 조건은 유의수준 0.05에서 페달 작동회수에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(p-value>0.05).

페달 작동 회수는 도로조건에 따라 달라지지만, 운행시간, 운전자에 있어서는 유의한 차이가 없다. 따라

**Table 6** Distribution of road condition

Road condition	Distance(km)	Ratio(%)
City	43,326	42.4
High way	17,192	16.8
Mountain	41,775	40.8
Total	102,293	100



**Fig. 5** Distribution of mission profile in Europe

서 페달 작동회수에 가장 중요한 mission profile 변수는 도로조건으로 평가할 수 있다. 이 결과는 기존의 선진기업(mission profile 분석)의 분석결과와 일치한다.

분석결과 페달 작동회수는 도로조건에 가장 큰 영향을 받으며 이중 시내도로조건이 가장 가혹 환경인 것으로 평가된다.

위의 결과로부터 실제 rig test에서 적용할 mission profile 변수는 도로조건을 고려하여 결정되어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 국내의 도로현황으로부터 도로조건의 분포를 도출하였다. 2005년 기준 국내 도로현황<sup>(9)</sup>에 대한 자료를 기준으로 국내도로현황의 범주를 mission profile의 도로조건 실험인자와 비교하여 고속국도와 일반국도는 고속도로, 특별광역시도, 시도는 시내도로, 군도와 지방도로는 산악도로로 분류하였다. 특히 산악도로의 경우 운행조건이 가혹한 산악 도로를 포함하는 것으로 군도와 지방도에 해당하는 것으로 정의하였다.

위의 분류 기준을 사용하여 국내 도로 분포를 정리하면 Table 6과 같다.

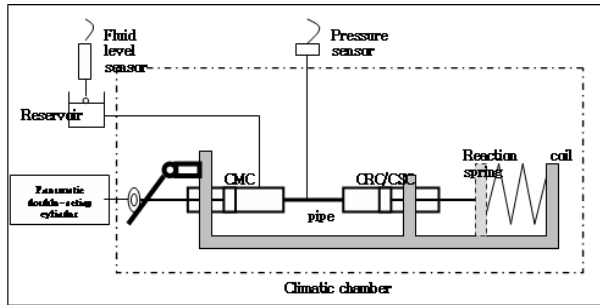


Fig. 6 C10 rig test schematic

#### 4. CMC 내구 시험 설계

본 절에서는 mission profile 분석결과를 기반으로 CMC(Clutch Master Cylinder)의 rig 내구 시험<sup>(10,11)</sup>인 C10 test 시험 규격을 신뢰성의 관점에서 해석하고, 고객의 요구 신뢰성의 변화에 따른 내구 시험의 모수를 이론적으로 결정하는 과정을 정리한다.

일반적으로 클러치 고객은 자동차 제조사이며, 고객으로 부터의 신뢰성 규격은 주행 거리로 주어진다. 이에 반해 C10 내구시험은 페달 작동회수로 평가되며 이에 따라 주행거리와 페달 작동회수간의 관계인 mission profile 분석결과가 적용된다.

즉, 고객의 신뢰성 규격은 주행거리 기준 신뢰성 10 백분위수인  $B_{10}$ (전체의 10%가 고장날 때까지의 주행거리)을 지표로 제시되며, 이를 규격으로 CMC 내구시험은 설계되어야 한다.

CMC의 C10 rig 내구시험의 시험장비의 개념도는 Fig. 6와 같다.<sup>(3)</sup>

C10 test 시험규격 및 합격 기준은 다음과 같이 정의되어 있다. 시험에서 시료수는 6개이며 총 시험 시간은 120만 cycle 이다. 합격 기준은 시험 시간 중 고장수가 0이다.

신뢰성 관점에서 시험규격은 다음 두 가지 관점에서 평가 되어야 한다. 첫 번째 관점은 ‘현 C10 시험규격이 고객의 신뢰성 요구사항과 관련하여 어느 정도 수준의 B10을 보증 할 수 있는 지’와 관련된 시험 규격의 평가이며, 두 번째 관점은 ‘고객의 신뢰성 요구사항( $B_{10}$ )이 달라짐에 따라 시료 수 및 시험기간은 어떻게 설계해야 하는지’ 와 관련된 시험모수(parameter) 설계이다. 여기서 시험모수는 시료 수(n)와 시험시간(t)이다.

Table 7  $B_{10}$  assurance level(Cycles) of current C10 test standard

C10 Test Parameter		Weibull shape parameter( $\beta$ )	Consumer's risk level( $\gamma$ )	B10 assurance (Cycle)
Sample (n)	Time(t) (Cycle)			
6	1,200,000	3.27	0.4	1,071,232

Table 8  $B_{10}$  Assurance level(km) of current C10 test standard

$B_{10}$ Assurance level(Cycle)	$B_{10}$ Assurance level(km)	
	EUROPE (km)	KOREA (km)
1,071,232	198,376	110,550

##### 4.1 현 C10 시험 규격의 평가

일반적으로 클러치 부품을 포함한 기계류 부품의 수명분포는 와이불분포(Weibull distribution)를 따른다고 알려져 있다. 와이불 분포 하에서  $B_{10}$ 을 보증하기 위한 시험모수의 관계는 다음의 식으로 주어진다.<sup>(7)</sup>

$$n \geq \frac{\chi_{\gamma}^2[2(c+1)]}{2(-\ln 0.9)(t/B_{10})^{\beta}} \quad (1)$$

이 식은 소비자 위험( $\gamma$ )하에서 B10을 보증하기 위한 시료수(n)와 시험기간 중 허용불량수(c), 그리고 시험시간(t)과의 관계를 나타낸다. 위식에서  $\beta$ 는 와이불 수명분포의 형상모수를 나타내며,  $\chi_{\gamma}^2[2(C+1)]$ 은 자유도  $2(c+1)$ 의 카이제곱 분포의  $100(1-\gamma)$  백분위수를 의미한다. 위 식으로부터  $B_{10}$ 을 정리하면 다음과 같고 이식으로부터 현 시험 규격이 보증하는  $B_{10}$ 의 수준을 평가할 수 있다.

$$B_{10} \leq \left[ \frac{2n(-\ln 0.9)}{\chi_{\gamma}^2[2(c+1)]} \right]^{1/\beta} \cdot t \quad (2)$$

위 식을 사용하여 현재 시험 규격이 보증하는  $B_{10}$ 수준을 계산하면 Table 7과 같다.

위 표에서 와이불 형상모수( $\beta$ )는 CMC Field data의 고장 자료로부터 추정된 값이다. 신뢰성 시험에서의 소비자 위험수준( $\gamma$ )의 결정은 시험 시료수의 한계 등으로 인해 품질의 샘플링 시험에 비해 큰 값으로 결정되며, 일반적으로 자동차 부품 수준에서의 소비자 위험은 0.4 수준에서 정의한다.<sup>(3)</sup>

**Table 9** C10 test parameter for B10 assurance level ( $\beta=3.27, \gamma=0.4, c=0$ )

B10= 100,000km		B10=200,000km	
n	t(cycle)	n	t(cycle)
1	2,075,621	1	3,755,073
2	1,679,152	2	3,037,808
3	1,483,335	3	2,683,551
4	1,358,413	4	2,457,549
5	1,268,807	5	2,295,441
6	1,200,000	6	2,170,959
7	1,144,744	7	2,070,993
8	1,098,939	8	1,988,127
9	1,060,061	9	1,917,790
10	1,026,450	10	1,856,983

위의 결과에 mission profile 분석결과를 적용하면 현 시험규격이 보증하는 고객신뢰성수준( $B_{10}$ )을 결정할 수 있으며 그 결과는 Table 8과 같다.

고객보증  $B_{10}$ 의 환산에 사용된 mission profile은 페달 작동 회수의 95분위수이며 이는 전체 고객 중 95%가 만족하는 보증수준을 나타낸다. 분석결과 현 C10 규격은 국내 기준으로는 고객 요구조건 수준의  $B_{10}$ 을 보증하며, 유럽기준으로는 국내 조건보다 다소 큰 수준의  $B_{10}$ 을 보증하는 것으로 평가된다.

#### 4.2 내구 시험 규격의 결정

내구시험규격은 고객요구  $B_{10}$ 이 주어진 경우에 따른 시료수와 시험시간을 산출하는 과정으로 식 (1)로부터 계산된다. 식 (1)을 사용하여 현  $B_{10}$  수준에서의 시험 모수를 계산하면 Table 9와 같다.

위 표의 결과는 동일한  $B_{10}$ 을 보증하기 위한 시험모수(n,t)의 다양한 조합을 나타낸다. 일반적으로 신뢰성 내구규격은 허용 고장수(c)를 0으로 선택한다. 즉 현재 Test 장비의 동시시험 시료수가 4개로 제한되어 있다면, 현 시험 규격은  $n=4, t=1,358,413$  Cycle 로 치환될 수 있다.

고객의  $B_{10}$  신뢰성 요구가 현 수준에서 20만 km 수준으로 상향조정될 경우 C10 test 모수의 설계는 위와 동일한 방법으로 식 (1)로부터 산출될 수 있다. Table 9에서 보면 고객의  $B_{10}$ 이 200,000km로 증가 할 경우 C10 시험모수는  $n=6$ 인 경우 시험시간(t)은 217만 cycle 수준으로 증가

하고,  $n=4$ 일 경우 시험 시간은 245만 cycle 수준으로 증가한다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 실차시험을 통해 자동차운행 환경변수 중 mission profile 변수에 영향을 주는 변수를 도출하고, 이들 변수의 관계로부터 클러치 시스템의 mission profile 변수를 추정하였다. 또한 추정된 mission profile 변수를 사용하여 클러치 시스템의 주요부품인 CMC의 내구시험 규격을 결정하는 과정을 제시하였다. 시험 환경변수는 도로조건, 운행시간, 운전자 조건을 선정하였으며 분석결과 mission profile은 도로조건에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, mission profile은 자동차 주행속도의 변화가 가장 큰 시내 주행 모드에서 가장 큰 값을 나타내었다.

본 연구에서는 mission profile 분석에 도로조건, 운행시간, 운전자 조건을 사용하였는데, 이외에도 부하조건, 외부온도(계절적요인)등 또한 mission profile에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며<sup>(4)</sup> 추후 이에 대한 시험분석이 요구된다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부 우수제조기술연구센터 기술개발사업에 의하여 이루어졌으며 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- (1) Frickenstein, Scott G. and Whitaker, Lyn R., 2003, "Age Replacement Policies in Two Time Scales," Naval Research Logistics Vol. 50, pp. 592~613.
- (2) Roxana A. Ion, Valia T. Petkova, Bas H. Peeters, Peter C. Sander, 2007, "Field Reliability Prediction in Consumer Electronics Using Warranty Data," Vol 24, pp. 401~414, Quality and reliability Engineering International.
- (3) Prince, O., Morin, G. and Jouzeau, C., 2005, "Validation Test Optimization Based on a Statistical Approach for Diesel Engine Cylinder Head Reliability," Renault Technical Report.

- (4) Reliability VECS-DEI, 2002, "Mission Profile Questionnaire," Valeo Technical Report.
- (5) TFG07 reliability sub-group 2002, "Accelerated Reliability Test," Valeo Technical Report.
- (6) Park, S.H., 1996, Design of experiments, Minyoung.
- (7) Kwon, S.S., 2002, "Minitab Reliability Analysis," Eretch.
- (8) Jeong, H.S., Kwon, Y.I. and Park, D.H., 2006, "Reliability Test Analysis Evaluation," Younggi Publishers.
- (9) Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs <http://www.moct.go.kr>.
- (10) Lee, J.C., 2003, "An Experimental Study on The Friction Coefficient of Rubbers for Clutch Master Cylinder Cup-Seals," *Transactions of KSAE*, Vol. 11, No. 5, pp. 112~118.
- (11) Lee, B.S., 2006, "Friction Characteristics of an Hydraulic Cylinder for an Automotive Manual Clutch," *Transactions of KSAE*, Vol. 14, No. 4, pp. 32~38.